

●职工培训教材

纺织材料基础

瞿才新 张荣华 主编

王震声 主审



中国纺织出版社

前言

时光跨进 21 世纪,科学技术迅猛发展,新材料、新技术、新设备、新工艺不断涌现,为纺织工业的发展插上了腾飞的翅膀,尤其是具有我国自主知识产权的大豆蛋白纤维和原竹纤维等的成功开发,为新型纺织材料的开发做出了贡献。我国加入 WTO 以后,由于出口配额的取消及民营资本的大量介入,纺织行业的发展呈现欣欣向荣、生气勃勃的景象。

社会主义市场经济的建立,促进了纺织行业的结构调整、设备改造、产品升级,提高了企业的竞争能力,也对员工的专业素质和操作技能提出了更高的要求。职业技术教育包括高等、中等、初等三个层次,分职前和职后两个阶段教育,共同培养纺织生产一线需要的、主要在基层从事生产技术、产品开发、操作维修和班组管理等工作的高素质劳动者。我们既要重视学生的职前教育,也不能忽视员工的在职岗位培训,帮助员工更新知识,适应新形势。

《纺织材料基础》既是一门独立学科,培养学员测试分析纤维、纱线和织物的能力,又是大纺织工程的基础课,为学员学好专业课做好准备。编写中我们考虑到受教育的对象文化基础参差不齐,本着必需、够用为原则,降低理论深度,拓宽学员知识面,着重于应用技术的训练,兼顾纺织工程各个专业的专门化,对新近出现的新型纺织材料做了适当介绍。

《纺织材料基础》绪论由瞿才新、姜为青执笔,第四、第九章由瞿才新执笔,第一章第一节、第二章、第五章、第六章第四节由杜梅执笔,第一章第二节、第四节由姜为青执笔,第一章第三节、第三章由

黄素萍执笔,第六章第一节、第二节、第五节、第六节,第八章、第十章由林元宏执笔,第六章第三节、第七章由吴一峰执笔,全书由张荣华、瞿才新统稿,王震声主审。

由于编者水平有限,书中如有不当之处,敬请各位专家、读者批评指正。

编者

2004年4月

目录

1	绪 论
1	一、纺织纤维及分类
4	二、纺织纤维的基本结构
8	三、纺织材料的线密度指标
12	第一章 天然纤维
12	第一节 棉纤维
12	一、原棉概况
17	二、棉纤维的主要性能和纺纱品质
20	三、原棉检验
28	四、彩色棉
29	第二节 羊毛纤维
30	一、羊毛纤维的生长
31	二、羊毛纤维的组成与形态结构
32	三、羊毛的分类
33	四、羊毛纤维的品质特征和性能
39	五、羊毛的品质评定
40	六、其他动物毛简介
43	第三节 蚕丝
43	一、蚕丝的形成和形态结构
45	二、蚕丝的组成和分子结构
47	三、茧的工艺加工
48	四、蚕丝的性能

52	五、生丝的品质评定
54	第四节 麻纤维
54	一、麻的种类
55	二、麻的初加工
56	三、麻纤维的组成和形态结构
57	四、麻纤维的主要性能
60	第二章 再生纤维
60	第一节 化纤制造简述
60	一、化学纤维的制造
63	第二节 再生纤维素纤维
63	一、粘胶纤维
64	二、醋酸纤维
66	三、Tencel 纤维
67	四、竹纤维
68	第三节 再生蛋白质纤维
68	一、大豆纤维
69	二、牛奶纤维
71	第三章 合成纤维
71	第一节 涤纶的基本特性
71	一、涤纶的物理化学性能
72	二、涤纶产品开发和用途
73	第二节 腈纶的基本特性
74	第三节 锦纶的基本特性
74	一、锦纶的形态结构与性能
76	二、锦纶的用途
76	第四节 丙纶、氯纶、维纶和氨纶的基本特性
76	一、丙纶

77	二、氯纶
77	三、维纶
78	四、氨纶
79	第五节 差别化纤维和功能纤维
79	一、差别化纤维
84	二、功能纤维
86	第六节 化学纤维的品质检验
87	一、长度检验
89	二、线密度检验
90	三、强伸性检验
93	四、卷曲性能检验
95	五、疵点检验
95	六、回潮率检验
96	七、含油率检验
99	第四章 纺织纤维的鉴别
99	第一节 纺织纤维的鉴别
99	一、手感目测法
99	二、燃烧法
100	三、显微镜观察法
103	四、溶解法
103	五、药品着色法
105	六、鉴别实例
105	第二节 纺织纤维性能比较
117	第五章 纱线
117	第一节 纱线分类
117	一、按结构和外形分类
119	二、按原料分类

119	三、按纺纱工艺、纺纱方式分
120	四、按组成纱线的纤维长度分
121	五、按纱的用途和粗细分
121	第二节 纱线的结构
122	一、加捻的实质及其作用
122	二、加捻的指标
126	三、捻度的测试
128	四、加捻对纱线性质的影响
131	五、纤维在纱中的几何配置及测试方法
135	六、股线的结构与性质
137	七、混纺纱的结构和公定回潮率
139	第三节 新型纱线
139	一、变形纱
141	二、自由端纱
142	三、包芯纱
142	第四节 纱线线密度和线密度不匀
142	一、纱线的线密度
146	二、纱线线密度不匀
152	三、纱线线密度不匀率的测试方法
156	四、纱线品质评定
162	第六章 织物
162	第一节 机织物的分类
163	一、按使用的原料分类
164	二、按纤维的长度和线密度分类
164	三、按纺纱的工艺分类
164	四、按纱线的结构与外形分类
165	五、按纺纱的方法分类

165	六、按染整加工分类
165	七、按用途分类
166	第二节 机织物结构与品质评定
166	一、机织物结构
176	二、织物的品质评定
180	第三节 针织物结构与品质评定
180	一、针织物的基本结构
181	二、针织物的主要物理指标
185	三、针织用纱线线密度
185	四、针织物的基本组织
188	五、针织物的品质评定
189	第四节 非织造布及其品质评定
189	一、非织造布分类
192	二、非织造布的品质评定
194	第五节 混纺织物
195	一、纤维品种的影响
196	二、混纺比的影响
200	第六节 织物的风格
200	一、织物风格的含义
201	二、织物风格的分类
202	三、手感的主观评定
203	四、织物风格的客观评定
206	第七章 纺织材料的吸湿性
206	第一节 吸湿指标和测试方法
206	一、吸湿指标
209	二、吸湿指标的测试方法
212	第二节 纺织材料的吸湿机理

212	一、纤维的吸湿机理
213	二、平衡回潮率与条件平衡回潮率
215	三、吸湿等温线
215	四、吸湿滞后性
217	五、影响回潮率的因素
221	第三节 吸湿对材料性质和纺织工艺的影响
221	一、吸湿对材料性质的影响
224	二、吸湿对纺织工艺的影响

227 第八章 纺织材料的力学性质

227	第一节 纤维的力学性质
227	一、纤维的拉伸性质
234	二、纤维的蠕变、松弛和疲劳
238	三、纤维的弯曲、扭转和压缩
239	四、纤维的摩擦和抱合
240	第二节 纱线的力学性质
241	一、纱线的拉伸性质
247	第三节 织物的力学性质
248	一、织物的拉伸性质
253	二、织物的撕破性
258	三、织物的顶破性质
260	四、织物耐磨性

269 第九章 纺织材料的热学性质、电学性质和光学性质

269	第一节 纺织材料的热学性质
269	一、导热与保暖
271	二、纺织材料的热转变
272	三、纺织材料的阻燃性与抗熔性
274	四、纺织材料的耐热性与热定形

276	第二节 纺织材料的电学性质
276	一、纺织材料的介电性质
278	二、纺织材料的导电性质
282	第三节 纺织材料的光学性质
282	一、色泽
284	二、耐光性
285	三、光致发光
287	第十章 纺织材料的其他特性
287	第一节 织物的外观保持性
287	一、折皱回复性与免烫性
290	二、刚柔性和悬垂性
293	三、尺寸稳定性
295	四、褶裥保持性
297	五、起毛起球性
300	六、钩丝性
301	第二节 织物的舒适性
301	一、透气性
303	二、透汽性
305	三、透水性
308	参考文献

绪论

衣、食、住、行是人类生存的四大要素,衣乃四维之冠,在社会发展的长河中,人们的穿着经历了蔽体遮羞、保暖、美观、舒适和环保等几个阶段。

我国纺织工业源远流长,早在 5000 ~ 6000 年以前,我们的祖先就能利用葛、麻等植物韧皮来制作服装。养蚕取丝是举世公认的伟大发明之一,早在 2000 多年前就传往东南亚,1800 多年前传到朝鲜和日本,1600 多年前传到中亚,1400 多年前传到欧洲希腊,900 年前传到意大利,意大利人正是受到养蚕吐丝的启发后发明了化学纤维的生产技术!

19 世纪 40 年代,我国纺织工业开始实行机器化生产,但由于清王朝的腐朽没落和发达国家经济的入侵,发展极为缓慢。中日甲午战争后,英、美、德、日等国家相继在我国开设纺织工厂。抗日战争胜利后,四大家族接收了日本在我国的纺织企业,成立了中国纺织建设公司。到解放前夕,全国有棉纺纱锭 500 万。

新中国成立以后,纺织工业得到了迅速发展,行业门类齐全,布局合理;不但解决了我国 13 亿人口的穿衣问题,而且成为我国出口创汇的支柱产业。随着纺织技术的不断提高,纺织品的应用已由传统的服装、装饰、产业三大领域不断向国防、医疗、航空航天、环保等领域渗透,在人们的生产和生活中发挥着越来越重要的作用。

一、纺织纤维及分类

1. 纺织纤维

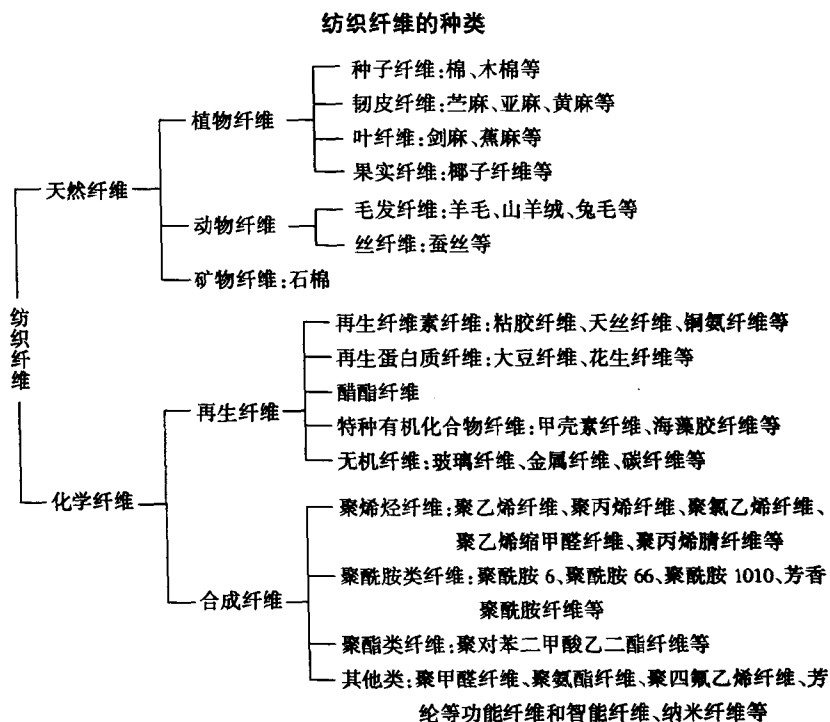
直径细到几微米或几十微米,长度比直径大千百倍的细长柔软物体,一般都称做纤维,如棉花、肌肉、毛发等。

可以用来制造纺织品的纤维,称之为纺织纤维。为满足纺织加工和使用过程中的要求,纺织纤维必须具备以下物理和化学性质。

- (1)具有一定的长度和整齐度。
- (2)具有一定的强度。
- (3)具有一定的弹性。
- (4)具有一定的抱合力和摩擦力。
- (5)具有一定的吸湿性。
- (6)化学稳定性好,具有对光、热、酸、碱及有机溶剂等一定的抵抗能力。

2. 纺织纤维的分类

纺织纤维种类很多,习惯上按它的来源分为天然纤维和化学纤维两大类(见下表)。



(1)天然纤维。由自然界中直接取得的纤维。

①植物纤维:从植物上取得的纤维。其主要组成为纤维素。又称天然纤维素纤维。从植物种子表皮细胞生长的纤维,如棉、木棉等称之为种子纤维;从植物的韧皮取得的纤维,如亚麻、苧麻等,称之为韧皮纤维;从植物的叶子或叶鞘取得的纤维,如剑麻、蕉麻等,称之为叶纤维;从植物的果实取得的纤维,如椰子纤维等,称之为果实纤维。

②动物纤维:从动物身上或分泌物中取得的纤维,其主要组成物质为蛋白质,又称天然蛋白质纤维。由动物毛囊中生长的由角蛋白组成的纤维,如绵羊毛、山羊绒、骆驼毛、兔毛等,称之为毛发纤维;由昆虫腺分泌物取得的纤维,如蚕丝,称之为丝纤维。

③矿物纤维:从纤维状结构的矿物岩石取得的纤维。主要由硅酸盐组成,又称天然无机纤维,如石棉,它不燃烧,耐高温,绝热性好,在工业上常作为防火、保温、绝热等材料。

(2)化学纤维。用天然的或合成的高聚物为原料,经过化学合成或机械加工制造出来的纺织纤维。

①再生纤维:以天然聚合物为原料,经过化学处理和机械加工制成的纤维。它可分为再生纤维素纤维(如:粘胶纤维、天丝纤维和铜氨纤维)、再生蛋白质纤维(如:大豆纤维、花生纤维和牛奶纤维等)、醋酸纤维、特种有机化合物纤维(如:甲壳素纤维、海藻胶纤维等)和无机纤维(如:玻璃纤维、金属纤维和碳纤维等)。

②合成纤维:利用自然界中简单的化合物,通过一系列繁复的化学合成,最后聚合成为高分子化合物,再喷纺拉丝而成的纤维,主要有聚酯纤维(如涤纶等)、聚酰胺纤维(锦纶 6、锦纶 66 等)、聚烯烃类纤维(如:腈纶、丙纶等)以及耐腐蚀的含氟纤维(氟纶)和具有良好弹性的聚氨酯纤维(氨纶)等。通过对合成纤维进行物理、化学改性,逐步生产出各种不同于常规合成纤维的如异形、超细、复合、着色、高收缩、中空等差别化纤维以及应用纳米技术等生产的功能纤维,如阻燃纤维、抗紫外线纤维、抗静电纤维和高强高模纤维等。

二、纺织纤维的基本结构

纺织纤维具有许多优良的性能,不同纤维性能之间存在着明显的差异,其中一个很重要的因素就是它们有着不同的纤维内部结构。

1. 纤维的大分子结构

高聚物大分子都是由许多相同或相似的原子团彼此以共价键多次反复连接而成的。这些相同或相似的原子团我们称之为大分子的基本链节(或称为单基或基本单元)。纺织纤维的基本链节随纤维品种而异,如:纤维素纤维的单基是 β -葡萄糖剩基;蛋白质纤维大分子的单基是 α -氨基酸剩基;涤纶的单基是对苯二甲酸乙二酯;丙纶的单基是丙烯;维纶的单基是乙烯醇缩甲醛。单基的化学结构、官能团的种类决定了纤维的耐酸、耐碱、耐光以及染色等化学性能,如:腈纶的单基中含有氰基,所以它的耐光性好;大分子上亲水基团的多少和强弱,影响着纤维的吸湿性,如羊毛纤维分子结构中含有大量的亲水基团,所以它的吸湿性能较好;卤素基的存在有助于提高纤维的难燃性,如氯纶;分子极性的强弱影响着纤维的电学性质。

一个大分子中单基重复的次数 n 称为聚合度。大分子的相对分子质量 M 取决于单基的相对分子质量与聚合度的乘积。纺织纤维的聚合度是较大的,特别是天然纤维的聚合度更高。如棉纤维的聚合度为数千甚至上万。化学纤维为了适应纺丝条件,聚合度不宜过高,如再生纤维素纤维聚合度约为 300~600,合成纤维则是数百或上千。而且一根纤维中各个大分子的聚合度也不尽相同,它们具有一定的分布,这就是高聚物大分子的多分散性。

大分子的聚合度与纤维的力学性质,特别是拉伸强度关系密切。聚合度达到临界聚合度时纤维开始具有强度,随着聚合度的增加,纤维强度随着增加,当聚合度增加到一定程度后,纤维强度即不再增大而趋于不变。

纺织纤维大分子的主链结构分为碳链、杂链和梯形双螺旋结构。

碳链结构就是在纤维大分子主链上均由碳原子以共价键形式相连接的,常见的如丙纶和腈纶等。该类纤维对化学试剂的稳定性较好,可塑性比较好,容易成型加工,原料构成比较简单,成本便宜;但一般不耐热,易燃甚至易熔。杂链结构是指主链中除了含有碳原子外,还含有氧、氮、硫等原子,它们都以共价键的形式连接在主链中,如棉、麻、毛、丝、粘胶纤维、涤纶、锦纶等大多数常用纺织纤维均属此类。该类纤维对酸碱及氧化剂比较敏感,大分子上的酯键、酰胺键易于水解。梯形和双螺旋形大分子就是纤维大分子的主链不是一条直线,而且像“梯子”和“双股螺旋”的结构,如碳纤维和石纤维。该类纤维强度高、耐高温。

纺织纤维的大分子大多为线型结构。线型大分子的形态是细长的,宽度约为 1nm;长度可达数微米。羊毛纤维的大分子之间常有二硫键连接,呈网状结构,有某些特殊要求的化学纤维经改交联化处理后,也可形成网状结构。

大分子链上的各原子能够围绕单键做一定程度的自由旋转,称为大分子的内旋转。由于大分子的内旋转,分子链可以在空间形成各种不同的立体形态,称大分子的构象。纺织纤维大分子的构象一般都呈一定程度的卷曲状。

在纤维中大分子并不存在完全自由的内旋转。长链分子在一定条件下发生内旋转的难易程度称为大分子的柔曲性。内旋转越容易,大分子柔曲性越好。如主链原子价键旋转性好,侧基小而分布较对称,侧基间结合力较小时,则大分子链比较柔软。反之,大分子链比较僵硬。大分子柔曲性好,其构成纤维的弹性较好,容易变形,结构不易堆砌得十分紧密。

2. 纺织纤维的超分子结构

纺织纤维的超分子结构又称聚集态结构。它是指大于分子范围的结构。主要包括大分子间的作用、凝聚状态和大分子的取向。

(1)分子间的作用力。纺织纤维大分子和其他分子一样,在分子之间距离不小于一定数值时相互之间表现出来的主要是吸引力。这种吸引力使相邻的大分子保持一定稳定性的相对位置或较牢固地结合。大多数纺织纤维大分子之间是依靠范德华力和氢键结合的,此外还有盐式键和化学键。

①范德华力:它只存在于分子间的一种力,其作用距离约为 $0.3 \sim 0.5\text{nm}$,作用能量在 $2.1 \sim 23\text{J/mol}$ 之间,并随距离的增加而迅速减少。

②氢键:它是大分子侧基上或部分主链上极性基团之间的静电引力,在一定条件下能使相邻分子较稳定地结合。其作用距离约为 $0.23 \sim 0.32\text{nm}$,作用能量在 $5.4 \sim 42.7\text{J/mol}$ 之间。其结合力较强,它的键能略大于范德华力。

③盐式键:部分纤维的侧基在成对的某些专门基团之间产生能级跃迁原子转移,形成络合物类型的配价键性质的化学键。如羊毛、蚕丝大分子侧基上的 $-\text{COOH}$ 和 $-\text{NH}_2$ 成对接近时,可以形成盐式键 ($-\text{COO}^- \cdots \cdots + \text{H}_3\text{N}-$)。盐式键的键能大于氢键。

④化学键:少数纤维大分子之间含有的桥侧基,如羊毛纤维中的二硫键将两个大分子主链用化学键连接起来。其作用距离约为 $0.09 \sim 0.19\text{nm}$,作用能量在 $209.3 \sim 837.36\text{J/mol}$ 之间。化学键的键能大于盐式键。

(2)大分子的聚集态。纺织纤维大分子的凝聚状态有着复杂的结构,通常将其简单地分为两类,即结晶态和非结晶态。我们把纺织纤维中大分子排列整齐有规律的状态称为结晶态,呈现结晶态的区域叫结晶区。反之,纺织纤维中排列杂乱无章的区域称为非结晶态,呈现非结晶态的区域叫非结晶区。结晶区中的大分子排列比较整齐密实,缝隙孔洞较少,分子之间互相接近的各个基团的结合力互相饱和,水分子和染料分子难以进入。而非结晶区中的大分子排列比较紊乱,堆砌比较疏松,有较多的缝隙和孔洞,密度较低,水分子和染料易于进入。纺织纤维中结晶区部分的质量占整个纤维质量的百分比称为纤

维的结晶度。纤维的结晶度越高,强度就越高,变形能力越小。

(3)分子的取向。纤维内大分子链主轴与纤维轴向的平行程度称为纤维大分子排列的取向度。取向度较高时,纤维的拉伸强度较高,变形能力较小,其光学、力学等性能的各向异性比较明显,如双折射率较高,各向弹性模量差异较大。天然纤维的取向度与纤维的品种、生长条件有关。化学纤维的取向度主要取决于制造过程中对纤维的拉伸,拉伸倍数较大时,纤维的取向度就越高。

3. 纺织纤维的形态结构

形态结构是借助各种测试手段直观地观察到的结构。随着测试手段的不断进步,观察的形态结构的尺寸也越来越小,目前观察形态结构的方法主要是光学显微镜和电子显微镜。形态结构主要包括以下几个方面。

(1)纤维纵向形态。如纤维表面状态:卷曲、转曲、长度等。

(2)截面形状。如圆形截面、异形截面及其他不规则形状截面等。

(3)截面结构。如纤维的皮芯结构、复合结构、羊毛的双侧结构、棉纤维的日轮等。

(4)纤维中的缝隙和孔洞等。

形态结构对纤维的力学性质、光泽、手感、保暖性、吸湿性等都有一定的影响。例如纤维中有缝隙和孔洞时,纤维的强度较低,吸湿性较好。异形纤维中的三角形、多角形等截面具有特殊的光泽,不易起毛起球。中空纤维的保暖性好。卷曲度高的纤维手感蓬松、弹性好。羊毛纤维由于表面有鳞片而光泽柔和。

4. 纺织纤维的结构层次

由大分子到纤维,其间经历许多级的微观结构,可作如下区分。

(1)大分子。由各种单基组成的不同聚合度的线型大分子,在纤维中一般具有相对稳定的三维空间几何形状,有的大分子呈锯齿形,